



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10153561 A**(43) Date of publication of application: **09 . 06 . 98**

(51) Int. Cl.

**G01N 25/16**  
**G01N 21/00**  
**G01N 21/41**  
**G01N 21/63**

(21) Application number: **08312189**(22) Date of filing: **22 . 11 . 96**(71) Applicant: **BUNSHI BAIOHOTONIKUSU  
KENKYUSHO:KK**(72) Inventor: **MAKINO TSUYOSHI**(54) **PHOTOTHERMAL TRANSDUCTION SPECTRAL  
ANALYZER**

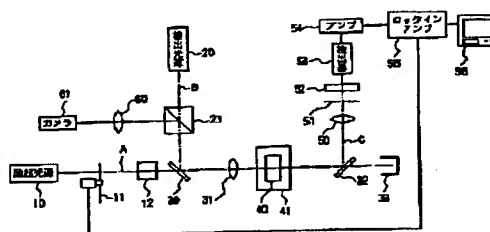
modulation cycle of the exciting light A in a chopper 11.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a photothermal transduction spectral analyzer by which a detection with high sensitivity can be performed.

**SOLUTION:** Exciting light A which is output from an exciting light source 10 and which is changed into a ring-belt luminous flux by a ring-belt luminous-flux formation part 12 is transmitted through a dichroic mirror 30. On the other hand, detecting light B which is output from a detecting light source 20 is reflected by the dichroic mirror 30. The exciting light A and the detecting light B are radiated from the dichroic mirror 30 in such a way that their luminous fluxes are not overlapped with each other so as to be coaxial. When the detecting light B is incident on a thermal lens which is generated by irradiating a sample with the exciting light A, signal light C is generated. The signal light C is detected by a detector 53 so as to be changed into a current signal via a dichroic mirror 32, a condensing lens 50, a pinhole 51 and a filter 50, the current signal is converted into a voltage signal by an amplifier 54, and the voltage signal is detected by a lock-in amplifier 55 so as to be synchronized with the



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-153561

(43) 公開日 平成10年(1998) 6月9日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 1 N 25/16  
21/00  
21/41  
21/63

G 0 1 N 25/16  
21/00  
21/41  
21/63

C  
Z  
Z  
A

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平8-312189

(22) 出願日

平成8年(1996)11月22日

(71) 出願人 595047385

株式会社分子バイオホトニクス研究所  
静岡県浜北市平口5000番地

(72) 発明者 牧野 強

静岡県浜北市平口5000番地 株式会社分子  
バイオホトニクス研究所内

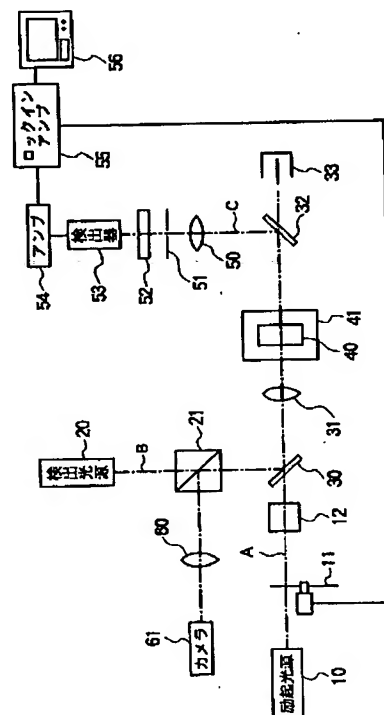
(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

(54) 【発明の名称】 光熱変換分光分析装置

(57) 【要約】

【課題】 高感度検出が可能な光熱変換分光分析装置を提供する。

【解決手段】 励起光源10から出力され輪帯光束形成部12により輪帯光束とされた励起光Aは、ダイクロイックミラー30を透過し、一方、検出光源20から出力された検出光Bは、ダイクロイックミラー30により反射され、励起光Aおよび検出光Bは、互いに光束が重なることなく同軸とされてダイクロイックミラー30から出射される。励起光Aが試料40に照射されて生じた熱レンズに検出光Bが入射すると信号光Cが発生する。この信号光Cは、ダイクロイックミラー32、集光レンズ50、ピンホール51およびフィルタ52を経て、検出器53により検出されて電流信号とされ、アンプ54により電圧信号に変換され、そして、この電圧信号は、ロックインアンプ55により、チョッパ11における励起光Aの変調周期に同期して検波される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 励起光が試料に照射されて形成される熱レンズに検出光を入射させ、前記検出光が前記熱レンズにより発散または偏向されて出力された信号光に基づいて前記試料の分光分析を行う光熱変換分光分析装置であって、

前記励起光を出力する励起光源と、  
前記検出光を出力する検出光源と、  
前記励起光および前記検出光のうちの何れか一方の光束を、他方の光束の外径よりも大きい内径の輪帯光束に成形して出力する輪帯光束形成手段と、  
前記一方の光束と前記他方の光束とを互いに重なることなく略同軸として前記試料に集光照射する照射光学系と、  
前記検出光の前記試料への照射に伴って発生する前記信号光を検出する検出器と、  
を備えることを特徴とする光熱変換分光分析装置。

【請求項 2】 前記励起光および前記検出光それぞれが照射される前記試料上の領域を観察する観察手段を更に備える、ことを特徴とする請求項 1 記載の光熱変換分光分析装置。

【請求項 3】 前記輪帯光束形成手段は、円錐形状または円錐台形状の側面に形成された円錐鏡と円錐台内壁側面に形成された円錐台内壁鏡とを互いに対面させて備え、入射した前記一方の光束を前記円錐鏡および前記円錐台内壁鏡で順次反射させて輪帯光束として出力する、ことを特徴とする請求項 1 記載の光熱変換分光分析装置。

【請求項 4】 前記輪帯光束形成手段は、それぞれの光軸を一致させて配された第 1 の円錐プリズムと第 2 の円錐プリズムとを備え、入射した前記一方の光束を前記第 1 および前記第 2 の円錐プリズムで順次屈折させて輪帯光束として出力する、ことを特徴とする請求項 1 記載の光熱変換分光分析装置。

【請求項 5】 前記輪帯光束形成手段は、入射端面が光軸に対し斜めに形成され、出射端面が光軸に垂直に形成され、前記入射端面に入射した前記一方の光束を前記出射端面から発散輪帯光束として出射する光ファイバと、  
前記光ファイバから出射された発散輪帯光束を平行な輪帯光束として出力するコリメートレンズと、  
を備えることを特徴とする請求項 1 記載の光熱変換分光分析装置。

【請求項 6】 前記輪帯光束形成手段は、入射した前記一方の光束のうちの光軸付近を遮断する遮蔽マスクを備え、前記遮蔽マスクにより遮蔽されなかった光束の周辺部分を輪帯光束として出力する、ことを特徴とする請求項 1 記載の光熱変換分光分析装置。

【請求項 7】 前記輪帯光束の内径を調整する輪帯光束径調整手段を更に備えることを特徴とする請求項 1 記載

の光熱変換分光分析装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、励起光を試料に照射することにより生じる光熱効果を利用し、検出光を試料に照射して生じた信号光を検出して、これにより試料を分析する光熱変換分光分析技術に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】試料に光を集光照射すると、その試料は、光吸収により局所的に温度上昇し、この温度上昇に応じて屈折率が変化し、熱レンズが形成される。これを光熱効果という。多くの物質では、温度上昇に伴い屈折率は小さくなるので、熱レンズとして凹レンズが形成される。したがって、この凹レンズの中央およびその周辺に光を入射させると、その光は発散する。また、この凹レンズの中央以外の部分に光を入射させると、その光は偏向する。

【0003】従来より、この光熱効果を利用して試料を分光分析することが行われており、この分析方法を光熱変換分光法という。従来の入射光と透過光との比に基づいて試料分析する吸光法とは異なり、この光熱変換分光法は、熱の拡散すなわち屈折率変化を観察するものであるので、吸光法に比べて極微量な試料濃度を検出することができる。それ故、光熱変換分光分析技術は、キャピラリー電気泳動装置用の高感度分析装置としての利用や、従来の吸光法の適用が困難な細胞等の生体試料への応用が提案されている。

【0004】図 7 は、従来の光熱変換分光分析装置の構成図である。この光熱変換分光分析装置では、励起光源 110 から出力された励起光は、チョップパ 111 により変調され、ダイクロイックミラー 112 を透過し、レンズ 113 により集光される。集光された励起光は、試料 130 に照射され吸収されて、その照射位置を中心として熱レンズが形成される。試料 130 に照射された励起光のうち試料 130 により吸収されなかった光は、試料 130 を透過するが、フィルタ 141 により吸収され、検出器 142 には入射しない。

【0005】一方、検出光源 120 から出力された検出光は、反射鏡 121 およびダイクロイックミラー 112 それぞれにより順次反射され、レンズ 113 により集光される。集光された励起光は、励起光により試料 130 に形成された熱レンズに集光照射され、試料 130 を透過して発散する。この試料 130 から発散して出射された信号光のうち、ピンホール 140 の開口部を通過した光はフィルタ 141 を通過して、検出器 142 により検出される。この検出器 142 により検出された信号光の強度は、試料 130 において形成された熱レンズに応じたものであり、また、チョップパ 111 による励起光変調周期に同期して変化するものである。そこで、この検出器 142 からの出力信号は、ロックインアンプ 150 に

より、チョップ111による励起光変調周期に同期して検波され、そのロックインアンプ150からの出力信号に基づいて試料130の分析がなされる。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】上述のように光熱変換分光法は、従来の吸光法に比べれば検出感度が優れている。しかしながら、上記従来例では、励起光が試料130に到るまでの光学系において信号光と同種のバックグラウンドノイズ光が発生する。例えば、図7に示した従来の光熱変換分光分析装置の光学系では、ダイクロイックミラー112および集光レンズ113においても、励起光の照射による温度上昇に伴い屈折率変化や膨張が起こるので、検出光がこれらを経る際にバックグラウンドノイズ光が生じる。そして、このようなバックグラウンドノイズ光は、検出器142により検出されるため、信号光の検出感度が低下するという問題点がある。

【0007】特に、試料130が生体試料である場合等においては信号光強度が極めて微弱であり、従来の光熱変換分光分析装置では検出感度が充分ではなく、検出感度の更なる向上が望まれているところである。

【0008】本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、更なる高感度検出が可能な光熱変換分光分析装置を提供することを目的とする。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明に係る光熱変換分光分析装置は、励起光が試料に照射されて形成される熱レンズに検出光を入射させ、検出光が熱レンズにより発散または偏向されて出力された信号光に基づいて試料の分光分析を行う光熱変換分光分析装置であって、(1) 励起光を出力する励起光源と、(2) 検出光を出力する検出光源と、(3) 励起光および検出光のうちの何れか一方の光束を、他方の光束の外径よりも大きい内径の輪帯光束に成形して出力する輪帯光束形成手段と、(4) 一方の光束と他方の光束とを互いに重なることなく略同軸として試料に集光照射する照射光学系と、(5) 検出光の試料への照射に伴って発生する信号光を検出する検出器と、を備えることを特徴とする。

【0010】この光熱変換分光分析装置によれば、励起光源から出力された励起光および検出光源から出力された検出光のうちの何れか一方の光束は、輪帯光束形成手段により、他方の光束の外径よりも大きい内径の輪帯光束に成形されて出力される。その一方の光束および他方の光束は、照射光学系により、互いに重なることなく略同軸とされて試料に集光照射される。そして、励起光が試料に照射されて形成された熱レンズへ検出光が照射されることにより発生する信号光は、検出器により検出される。このように、励起光と検出光とは互いに光束が重なることなく略同軸とされて試料に入射するので、照射光学系において信号光と同種のバックグラウンドノイズ光が発生することはない、信号光は高感度に検出され

る。

【0011】また、励起光および検出光それぞれが照射される試料上の領域を観察する観察手段を更に備える場合には、照射光学系による励起光および検出光それぞれの試料上への照射の様子を観察することができ、また、光学系の調整を行うことができる。

【0012】輪帯光束形成手段は、円錐形状または円錐台形状の側面に形成された円錐鏡と円錐台内壁側面に形成された円錐台内壁鏡とを互いに対面させて備え、入射した一方の光束を円錐鏡および円錐台内壁鏡で順次反射させて輪帯光束として出力するものが好適である。また、輪帯光束形成手段は、それぞれの光軸を一致させて配された第1の円錐プリズムと第2の円錐プリズムとを備え、入射した一方の光束を第1および第2の円錐プリズムで順次屈折させて輪帯光束として出力するものも好適である。また、輪帯光束形成手段は、入射端面が光軸に対し斜めに形成され、出射端面が光軸に垂直に形成され、入射端面に入射した一方の光束を出射端面から発散輪帯光束として出射する光ファイバと、光ファイバから出射された発散輪帯光束を平行な輪帯光束として出力するコリメートレンズと、を備えるものも好適である。また、輪帯光束形成手段は、入射した一方の光束のうちの光軸付近を遮断する遮蔽マスクを備え、遮蔽マスクにより遮蔽されなかった光束の周辺部分を輪帯光束として出力するものも好適である。何れの場合も、輪帯光束形成手段に入射した光束は、輪帯光束に成形されて出力される。

【0013】また、輪帯光束の内径を調整する輪帯光束径調整手段を更に備える場合には、照射光学系において励起光の照射に伴い温度上昇が生じ屈折率変化や膨張が発生する領域が、検出光が通過する領域にまで及ぶことのないようにすることができるので、信号光を高感度に検出する上で好適である。

#### 【0014】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。尚、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。図1は、本発明に係る光熱変換分光分析装置の構成図である。

【0015】励起光源10は、試料40に熱レンズを形成するための励起光Aを出力するものである。励起光源10として、指向性に優れるレーザ光源が好適に用いられる。この励起光源10から出力された励起光Aは、チョップ11、輪帯光束形成部12、ダイクロイックミラー30および集光レンズ31を経て、試料40に照射される。すなわち、チョップ11は、励起光Aを周期的に透過／遮断の変調をし、輪帯光束形成部12は、チョップ11により変調された励起光Aを輪帯光束に成形してダイクロイックミラー30に入射させる。ダイクロイックミラー30は、その輪帯光束とされた励起光Aを透過

させ、集光レンズ31は、励起光Aを試料40に集光照射する。

【0016】なお、ここで、輪帯光束とは、光軸を中心に所定半径までは光束は存在しないが、その所定半径の外側の一定幅だけ光束が存在するものである。また、この輪帯光束の内径を、後述する検出光Bの光束の外径よりも大きいものとする。輪帯光束形成部12の具体的構成については後述する。

【0017】その集光された励起光Aが試料40に照射されると、その一部は試料40により吸収され、残部は透過する。試料40では、励起光吸収に伴い、励起光Aが照射された位置を中心に温度が上昇し熱レンズが形成される。励起光Aがチョッパ11により変調されているので、この熱レンズも励起光Aの変調周期と同一周期で変調されたものとなる。また、試料40により吸収されることなく試料40を透過した励起光Aは、ダイクロイックミラー32を透過し、ライトトラップ33に入射する。ライトトラップ33は、その入射した励起光Aを吸収するものである。

【0018】一方、検出光源20は、試料40に形成された熱レンズに照射すべき検出光Bを出力するものである。検出光源20として、同様にレーザ光源が好適に用いられる。この検出光源20から出力された検出光Bは、ビームスプリッタ21、ダイクロイックミラー30および集光レンズ31を経て、試料40に照射される。すなわち、ビームスプリッタ21は、検出光源20から出力された検出光Bの殆どを透過させ、ダイクロイックミラー30は、その検出光Bを反射させ、集光レンズ31は、その検出光Bを試料40に集光照射する。そして、その集光された検出光Bは、試料40に形成された熱レンズに入射する。

【0019】検出光Bが試料40に入射すると、試料40に形成された熱レンズにより検出光Bは発散し信号光Cとして出射する。この信号光Cの強度は、その発散の度合い、即ち、熱レンズの形成度合いを示すものであり、更には試料40の濃度等を示すものである。ダイクロイックミラー32はその信号光Cを反射させ、集光レンズ50はその信号光Cを集光し、ピンホール51はその開口部に信号光Cを通過させ、フィルタ52は信号光Cを透過させ、そして、検出器53は信号光Cを検出して信号光強度に応じた電流信号を出力する。

【0020】ここで、ダイクロイックミラー32は、励起光Aを透過させるが、信号光Cを反射させるものである。また、フィルタ52は、信号光Cの波長成分を透過させるが、励起光Aの波長成分を遮断するものである。

【0021】検出器53から出力された電流信号を入力するアンプ54は、その電流信号を電圧信号に変換し増幅して出力する。そして、ロックインアンプ55は、アンプ54から出力された電圧信号を入力するとともに、チョッパ11による励起光変調の同期信号を入力して、

アンプ54からの電圧信号を同期検波する。ロックインアンプ55からの出力信号を入力するコンピュータ56は、その出力信号に基づいて試料40の分析を行う。また、試料40は、試料ステージ41の上に置かれており、この試料ステージ41は、互いに直交する3軸方向の何れの方にも移動可能であって、試料40を微動させることにより励起光Aおよび検出光Bの照射位置を変更することができる。

【0022】以上のように、試料40を走査する試料ステージ41およびロックインアンプ55からの出力信号を入力し解析するコンピュータ56を備えたことにより、例えば、励起光Aおよび検出光Bの試料40への入射方向と垂直な方向に試料ステージ41により試料40を2次元走査しながら、試料40の位置とともにロックインアンプ55からの出力信号をコンピュータ56に取り込んで、コンピュータ56における演算により試料40の2次元分析を行うことができる。また、例えば、試料40が電気泳動しているものであれば、各時刻におけるロックインアンプ55からの出力信号をコンピュータ56に取り込んで、コンピュータ56における演算により試料40の分析を行うことができる。

【0023】また、検出光Bの試料40上の照射位置および集光状態は、カメラ（観察手段）61により確認することができる。すなわち、カメラ61は、検出光Bが照射された試料40を、集光レンズ31、ダイクロイックミラー30、ビームスプリッタ21および結像レンズ60を介して撮像し、励起光Aおよび検出光Bが試料40に照射された位置および集光状態を観察する。したがって、検出光Bが試料40に照射される位置および集光状態を確認しながら光熱変換分光分析を行うことができる。また、励起光Aの試料40上の照射位置および集光状態の確認は、計測に先立って調整時に、ダイクロイックミラー30をハーフミラーに交換することにより行うことができる。計測時には、ダイクロイックミラー30に戻す。

【0024】次に、輪帯光束形成部12、ダイクロイックミラー30および集光レンズ31それぞれの作用について詳細に説明する。図2は、輪帯光束形成部12、ダイクロイックミラー30および集光レンズ31それぞれの作用説明図である。ダイクロイックミラー30から試料40までにおいて励起光Aの光軸と検出光Bの光軸とは一致しており、この図は、励起光Aの光軸および検出光Bの光軸の双方を含む断面を示すものである。

【0025】この図に示すように、輪帯光束形成部12は、励起光源10から出力されチョッパ11により変調された励起光Aを入力し、その励起光Aを輪帯光束に成形して出力する。ダイクロイックミラー30は、輪帯光束形成部12により輪帯光束とされた励起光Aを透過させ、且つ、検出光Bを反射させ、その結果、励起光Aおよび検出光Bを互いに同軸にして出力するものである。

同軸とは、励起光Aおよび検出光Bそれぞれの光軸が一致することを意味する。また、ダイクロイックミラー30により同軸とされた励起光Aと検出光Bとは、互いに光束が重なることはない。そして、集光レンズ31は、ダイクロイックミラー30により同軸とされた励起光Aおよび検出光Bを、試料40上の同一位置に集光照射する。

【0026】以上のように、本発明に係る光熱変換分光分析装置では、輪帯光束形成部12により励起光Aを輪帯光束とし、ダイクロイックミラー30により励起光Aと検出光Bとを互いに光束が重なることなく同軸として、集光レンズ31により試料40に集光照射することとしたので、励起光Aおよび検出光Bが同一光軸となるダイクロイックミラー30から試料40に到る前までの光学系（すなわち、ダイクロイックミラー30および集光レンズ31）において、励起光Aおよび検出光Bそれぞれの光束の経路は互いに異なるものとなる。したがって、ダイクロイックミラー30および集光レンズ31に励起光Aが照射されて屈折率変化や膨張が発生する領域とは異なる領域を検出光Bが通過するので、信号光Cと同種のバックグラウンドノイズ光が発生することはない、信号光Cを高感度に検出することができる。

【0027】なお、ダイクロイックミラー30および集光レンズ31それぞれを輪帯光束の励起光Aが通過する領域と検出光Bが通過する領域とが互いに接近している場合には、励起光Aの照射に伴い温度上昇が生じ屈折率変化や膨張が発生する領域が、検出光Bが通過する領域にまで及ぶこともある。したがって、励起光Aが通過する領域と検出光Bが通過する領域とは、十分に離れている必要がある。そこで、輪帯光束の内径を調整する手段を更に備えれば更に好適である。

【0028】次に、輪帯光束形成部12の具体的構成の好適な例について説明する。

【0029】図3は、二重円錐鏡からなる輪帯光束形成部12の断面図である。この輪帯光束形成部12は、それぞれ共通の回転対称軸を中心とする回転対称体であって、円錐形状の側面に形成された円錐鏡12Aと、これに対面する円錐台形状の内壁に形成された円錐台内壁鏡12Bとからなり、この図は、回転対称軸を含む断面図を示すものである。この輪帯光束形成部12は、その回転対称軸と励起光Aの光軸とが一致するよう配され、輪帯光束形成部12に入射した励起光Aは、最初に円錐形状の側面に形成された円錐鏡12Aにより反射され、続いて円錐台形状の内壁に形成された円錐台内壁鏡12Bにより反射されて、輪帯光束として出射される。

【0030】図4は、1対の円錐プリズムからなる輪帯光束形成部12の断面図である。この輪帯光束形成部12は、それぞれ共通の回転対称軸を中心とする回転対象体であって互いに頂点を対向させた1対の円錐プリズム12Cと円錐プリズム12Dとからなり、この図も、回

転対称軸を含む断面図を示すものである。この輪帯光束形成部12も、その回転対称軸と励起光Aの光軸とが一致するよう配され、輪帯光束形成部12に入射した励起光Aは、最初に円錐プリズム12Cにより屈折され、続いて円錐プリズム12Dにより屈折されて、輪帯光束として出射される。

【0031】図5は、光ファイバとコリメートレンズとからなる輪帯光束形成部12の断面図である。この輪帯光束形成部12は、共通の光軸を有する光ファイバ12Eとコリメートレンズ12Fとからなり、光ファイバ12Eは、その入射端面がその光軸に対し斜めに形成され、出射端面が垂直に形成され、また、コリメートレンズ12Fは、光ファイバ12Eから焦点距離だけ隔てて配されている。この図は、光ファイバ12Eおよびコリメートレンズ12Fの共通の光軸を含む断面図を示すものである。この輪帯光束形成部12も、その光軸と励起光Aの光軸とが一致するよう配され、光ファイバ12Eの入射端面に入射した励起光Aは、光ファイバ12Eの出射端面から発散する輪帯光束として出射され、その発散輪帯光束は、コリメートレンズ12Fにより平行な輪帯光束とされて出射される。

【0032】図6は、遮蔽マスクからなる輪帯光束形成部12の断面図である。この輪帯光束形成部12は、透明平板12Gの一面の中央に円形の遮蔽マスク12Hが設けられたものである。この輪帯光束形成部12は、遮蔽マスク12Hの中心点が励起光Aの光軸上であって、遮蔽マスク12Hが励起光Aの光軸に垂直になるように配される。この輪帯光束形成部12に励起光Aが入射すると、その励起光Aの中心部は、遮蔽マスク12Hにより遮蔽されるが、励起光Aの周辺部は、透明平板12Gを透過して輪帯光束として出射される。なお、励起光源10として用いられるレーザ光源から出射される励起光Aの光束径は細いので、光束径を拡大するビームエキスパンダ（図示せず）を励起光源10と輪帯光束形成部12との間に設けるのが好適である。

【0033】以上に好適例として説明した輪帯光束形成部12の具体的構成のうち、二重円錐鏡からなるもの（図3）、1対の円錐プリズムからなるもの（図4）、および、光ファイバとコリメートレンズとからなるもの（図5）は、励起光源10から出射された励起光Aを無駄無く効率良く利用することができる点で好適である。

【0034】また、以上の輪帯光束形成部12の具体的構成のうち、二重円錐鏡からなるもの（図3）は、円錐鏡12Aと円錐台内壁鏡12Bとを励起光Aの光軸に沿って相対的に移動させることにより、また、1対の円錐プリズムからなるもの（図4）は、円錐プリズム12Cと円錐プリズム12Dとを励起光Aの光軸に沿って相対的に移動させることにより、何れも、輪帯光束の内径を調整することができる点で好適である。また、光ファイバとコリメートレンズとからなるもの（図5）は、コリ

メートレンズ 12F として焦点距離の異なるものに交換することにより、また、遮蔽マスクからなるもの（図 6）は、遮蔽マスク 12H を径の異なるものに交換することにより、何れも、輪帯光束の内径を調整することができる。このように、励起光 A の輪帯光束の内径を調整することにより、ダイクロイックミラー 30 および集光レンズ 31 それぞれにおいて、励起光 A の照射に伴い温度上昇が生じ屈折率変化や膨張が発生する領域が、検出光 B が通過する領域にまで及ぶことのないようにすることができるので、信号光 C と同種のバックグラウンドノイズ光が発生することはなく、信号光 C を高感度に検出することができる。

【0035】本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく種々の変形が可能である。例えば、上記実施形態の説明では、ダイクロイックミラー 30 から試料 40 に到るまでの光学系において、励起光 A および検出光 B それぞれの光軸を完全に一致させて完全に同軸としたが、これに限られるものではなく、完全同軸から僅かにずれていても構わない。ただし、ダイクロイックミラー 30 および集光レンズ 31 において励起光 A および検出光 B それぞれの光束が互いに重ならないことが重要である。この場合において、検出光 B は、励起光 A が試料に照射されて形成された熱レンズの中央ではなく、この熱レンズの中央以外の部分に入射する場合には、その検出光 B は熱レンズにより偏向されて、信号光 C が出力されることになる。

【0036】また、輪帯光束形成部 12 の具体的構成は上述したものに限られず、反射型または透過型の円盤形状の 1 対の回折格子を備えたものであってもよく、この場合、励起光 A は、この 1 対の回折格子により順次回折されて輪帯光束とされる。

【0037】また、励起光 A を輪帯光束にするのではなく、検出光 B を輪帯光束としてもよい。この場合、輪帯光束形成部は、励起光源 10 とダイクロイックミラー 30 との間の励起光 A の光路上ではなく、検出光源 20 とビームスプリッタ 21 との間の検出光 B の光路上に設けられ、ダイクロイックミラー 30 は、励起光 B をそのまま透過させ、輪帯光束とされた検出光 B を反射させ、互いに光束が重なることなく同軸として出射させる。

【0038】

【発明の効果】以上、詳細に説明したとおり本発明によれば、励起光源から出力された励起光および検出光源から出力された検出光のうちの何れか一方の光束は、輪帯光束形成手段により、他方の光束の外径よりも大きい内径の輪帯光束に形成されて出力される。その一方の光束および他方の光束は、照射光学系により同軸とされて試料に集光照射される。そして、励起光が試料に照射され\*

\* て形成された熱レンズへ検出光が照射されることにより発生する信号光は、検出器により検出される。

【0039】このような構成としたことにより、励起光と検出光とは互いに光束が重なることなく同軸とされて試料に入射するので、照射光学系において励起光が照射されて屈折率変化や膨張が発生する領域とは異なる領域を検出光が通過することとなり、照射光学系において信号光と同種のバックグラウンドノイズ光が発生することはない。したがって、信号光は高感度に検出される。特に、試料が生体試料である場合等においても、充分な検出感度で分光分析を行うことができる。

【0040】また、励起光および検出光それぞれが照射される試料上の領域を観察する観察手段を更に備える場合には、照射光学系による励起光および検出光それぞれの試料上への照射の様子を観察することができ、また、光学系の調整を行うことができる。

【0041】また、輪帯光束の内径を調整する輪帯光束径調整手段を更に備える場合には、照射光学系において励起光の照射に伴い温度上昇が生じ屈折率変化や膨張が発生する領域が、検出光が通過する領域にまで及ぶことのないようにすることができるので、信号光を高感度に検出する上で好適である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る光熱変換分光分析装置の構成図である。

【図 2】輪帯光束形成部 12、ダイクロイックミラー 30 および集光レンズ 31 それぞれの作用説明図である。

【図 3】二重円錐鏡からなる輪帯光束形成部 12 の断面図である。

【図 4】1 対の円錐プリズムからなる輪帯光束形成部 12 の断面図である。

【図 5】光ファイバとコリメートレンズとからなる輪帯光束形成部 12 の断面図である。

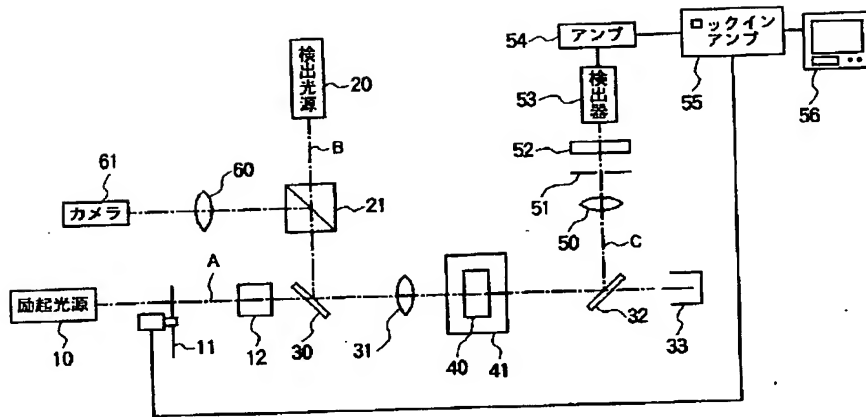
【図 6】遮蔽マスクからなる輪帯光束形成部 12 の断面図である。

【図 7】従来の光熱変換分光分析装置の構成図である。

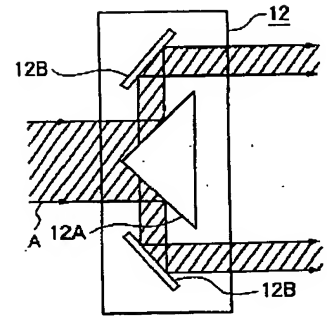
【符号の説明】

10…励起光源、11…チョップ、12…輪帯光束形成部、20…検出光源、21…ビームスプリッタ、30…ダイクロイックミラー、31…集光レンズ、32…ダイクロイックミラー、33…ライトトラップ、40…試料、41…試料ステージ、50…集光レンズ、51…ピンホール、52…フィルタ、53…検出器、54…アンプ、55…ロックインアンプ、56…コンピュータ、60…結像レンズ、61…カメラ、A…励起光、B…検出光、C…信号光。

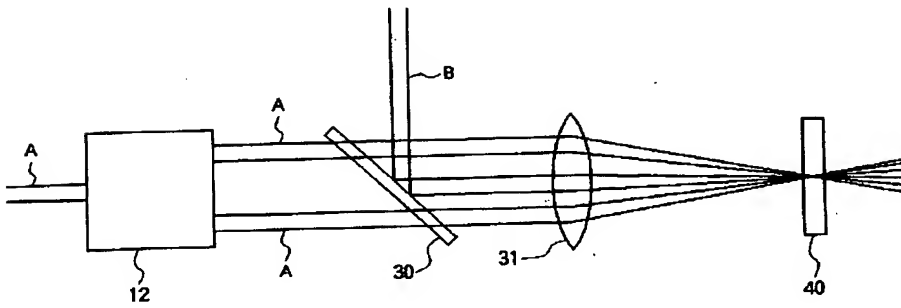
【図1】



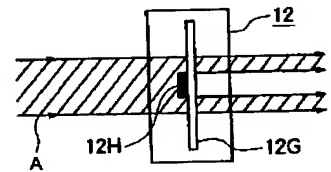
【図3】



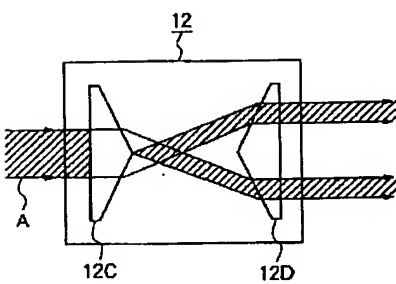
【図2】



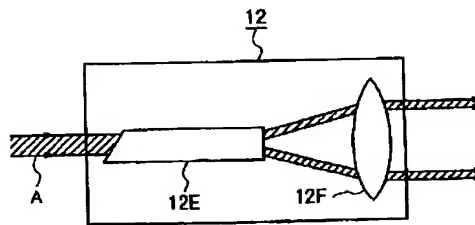
【図6】



【図4】



【図5】





【図 7】

